

Pauli Vallinmäki

HUVIVENEEN PROPULSIOJÄRJESTELMÄ

Merenkulkualaninsinöörin koulutusohjelma
2015

HUVIVENEEN PROPULSIOJÄRJESTELMÄ

Vallinmäki, Pauli
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkuluninsinöörin koulutusohjelma
Marraskuu 2015
Ohjaaja: Haapanen, Toni
Sivumäärä: 45
Liitteitä:

Asiasanat: marinointi, huvivene, ruoripotkuri

Työn tarkoituksena oli opiskella eroavaisuudet venemoottorin ja automoottorin välillä, sekä tutkia eri propulsio tyyppien käyttötarkoituksia ja näiden pohjalta suunnitella ja toteuttaa huviveneeseen moottorin vaihto. Työn aikana joudutaan monia veneen muita olemassa olevia järjestelmiä muokkaamaan tai tekemään kokonaan uusiksi, jotta kokonaisuudesta saadaan mahdollisimman helppokäyttöinen ja huollettava asuintilojen mukavuudesta tinkimättä.

Kyseessä oleva vene on 9 metriä pitkä teräsrunkoinen kolme kajuuttainen matkavene omalla keittiöllä, ja neljällä makuupaikalla.

Alkuperäinen moottori on Peugeot Indenor neljä sylinterinen rivimoottori. Uudeksi moottoriksi valikoitui Toyota 2H – moottori, joka on kuusisylinterinen rividieselmoottori.

PLEASURECRAFT PROPULSIONSYSTEM

Vallinmäki, Pauli

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in maritime engineering

November 2015

Supervisor: Haapanen, Toni

Number of pages:45

Appendices:

Keywords: marinating, boat, Z-drive, propulsion

The purpose of this thesis was to study the differences between car engine and marine engine, learn the basic differences between different propulsion types. To determine what engine type and propulsion type to use for specific boat and to design and manufacture engine replacement for a specific vessel. During this project it was necessary to modify and re-build some of the already existing systems of this vessel in order to make the vessel easy to use and maintain without sacrificing any of the luxury of the accommodation.

The vessel in project was 9 meters long three cabined traveling boat with steel hull. Vessel has her own kitchen and sleeping space for four persons.

The original engine of the vessel was Peugeot Indenor four cylinder in-line engine. That is to be replaced with Toyota 2H -engine that is a 6 cylinder in-line diesel engine.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PROJEKTISSA KÄYTETTÄVÄ VENE	7
3	KONEEN VALINTA.....	7
3.1	Konetyypit.....	7
3.2	Vertailu	8
4	MOOTTORIN MUUNTAMINEN VENEKÄYTTÖÖN	9
4.1	Auto- ja merikäytön eroavuudet	9
4.2	Moottori	9
4.3	Apulaitteet.....	10
5	VAIHTOEHTOISET PROPULSIOJÄRJESTELMÄT	10
5.1	Suora akseliveto, kiinteälapainen potkuri	10
5.2	Suora akseliveto, säätölapapotkuri.....	11
5.3	Ruoripotkuri.....	11
5.4	Vesisuihku.....	12
5.5	Sisäperämoottori	13
5.6	Muita propulsio tyyppejä	13
5.7	PERÄSIN	13
5.8	Potkuri.....	14
6	PROJEKTIN ESITTELY	15
6.1	Moottori	15
6.2	Sähköjärjestelmä.....	16
6.3	Propulsio	17
7	PROJEKTISUUNNITELMA.....	17
7.1	Moottori	17
7.1.1	Jäähdytys	18
7.1.2	Öljynjäähdytys.....	19
7.1.3	Ilmanotto	19
7.2	Mittaristo.....	20
7.3	Äänieristys	21
7.4	Petaus ja värinänvaimennus.....	22
7.5	Potkuri.....	22
7.6	Vetolaite.....	23
7.7	Tiivistäminen	26
7.8	Kytkin/vaihde.....	26

7.9	Akselisto	27
7.10	Polttoainetankit	28
7.11	Polttoaineen suodatus.....	28
7.12	Sähköjärjestelmä	29
7.12.1	24 V- järjestelmä	30
7.12.2	12 V- Järjestelmä.....	30
8	PIIRRUSTUKSET	31
9	BUDJETTI	33
10	HUOLTO-OHJELMA.....	33
10.1	Osaluettelo	33
10.1.1	Kone	33
10.1.2	Akselisto	34
10.1.3	Vetolaite	34
10.1.4	Ohjaus.....	34
10.2	Öljynvaihto	35
10.3	Öljynsuodatin.....	35
10.4	Öljynjäähdytin.....	35
10.5	Ilmansuodatin.....	36
10.6	Polttoaineen suodatin	36
10.7	Venttiilivälykset.....	36
10.8	Jäähdytysnesteen vaihto.....	36
10.9	Tankit	37
10.10	Merivesisuodatin.....	37
10.11	Merivesipumppu	37
10.12	Lämmönvaihdin	37
10.13	Vetolaite	38
11	VIANETSINTÄ	38
11.1	Kone.....	38
11.2	Vetolaite.....	40
12	KÄYNNISTYS/ PYSÄYTYS.....	40
12.1	Käynnistys.....	40
12.2	Pysäytys	41
13	KOEAJOT	41
13.1	Telakka koeajot.....	41
13.2	Satamakoeajo	42
13.3	Merikoeajo	43
14	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	45

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia eroja dieselmoottorin käytössä automoottorina ja venemoottorina, sekä selvittää mitä muutostöitä on tarpeen tehdä, että automoottorin käyttäminen veneen propulsiomoottorina on mahdollista. Tämän jälkeen voidaan aloittaa muutostöiden ja moottoriasennuksen suunnitteleminen kyseiseen veneeseen. Asennuksessa on otettava huomioon myös veneen kulkuasento ja vakaus, sekä miltä osin voidaan hyödyntää jo olemassa olevia järjestelmiä ja minkä verran tarvitsee valmistaa tai ostaa uusia komponentteja. Osien hinnan sekä muiden kulujen selvittäminen sekä budjetin laatiminen ovat myös tärkeä osa projektia, ennen kuin voidaan aloittaa varsinaiset muunnos- ja asennustyöt. Mikäli suunnitteluvaihe osoittaa varsinaisen työn toteuttamiskelpoiseksi suoritetaan uuden koneen marinoiminen ja asennus veneeseen, sekä tehdään toteutuneesta järjestelystä asianmukaiset piirustukset, laitekuvaukset ja huolto-ohjelma koneiston käytön ja kunnossapidon helpottamiseksi. Itse projektin toteutus dokumentoidaan valokuvaamalla ja kuvia laitetaan opinnäytetyöhön niihin kohtiin, missä kyseistä osaa käsitellään.

2 PROJEKTISSA KÄYTETTÄVÄ VENE

Työssä käsiteltävä vene on niin sanottu omavalmisteinen 9,7 metriä pitkä, 3,1 metriä leveä ja 1,1 metrin syväyksellä oleva teräsvene. Runko on rakennettu 3 millimetriä paksusta teräslevystä tukirautojen ympärille. Hyttirakenteet on tehty 1.5 millimetriä paksusta levystä. Aluksen runko on eristetty puhallusuretaanilla. Veneessä on kolme hyttiä, joista keskimäinen toimii ohjaushyttinä. Ohjaushytin lattia on rakennettu konetilan päälle ja moottori on sijoitettu aluksen keskiakselille, sivulle sijoitettujen polttoainetankkien väliin. Veneessä alun perin asennettuna ollut Peugeot Indenor moottori on hyvin tiukasti tankkien ympäröimä ja näin ollen vaikeasti huollettava. Tankkien ympärillä sivuilla taas on hyvin runsaasti tilaa paremmin rungon mukaan muotoiluille tankeille siten, että moottorin ympärille jäisi paremmin huoltotilaa.

3 KONEEN VALINTA

3.1 Konetyypit

Nykyaikaiset polttomoottorit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään; dieselmoottorit, ottomoottorit ja kaasuturbiinit. Lisäksi on olemassa edellä mainittujen yhdistelmiä. Näillä kaikilla moottorityypeillä on erilaiset ominaisuudet ja ne soveltuvat erityyppisiin käyttöolosuhteisiin.

(Savolainen 1976, 169)

Kaasuturbiineissa ilma johdetaan useamman ahtimen läpi polttokammioon, jossa ilman joukkoon ruiskutetaan tasaisesti polttonestettä, joka sytytetään käynnistyksen yhteydessä sytytystulpan avulla. Käynnistyksen jälkeen kaasuturbiinin palo pitää katkeamattomana ketjureaktion itseään yllä. Voimanotto näissä moottoreissa tapahtuu palamiskaasujen poistokanavaan liitetyn turbiinin tai turbiinisarjan avulla. Kaasuturbiinit ovat kuitenkin nykyisellään auto- ja merimoottoreina erittäin harvinaisia, mutta yleisiä lentokonemoottoreina useimmiten suihkumoottorin muodossa.

(Savolainen 1974, 220-221)

Ottomoottorit ovat mäntämoottoreita, joissa sylinteriin johdetaan ilman ja polttonesteen, yleisimmin bensiini, seos joka puristetaan korkeaan paineeseen ja sytytetään palamaan sytytystulpan avulla. Nopeasti kuumenevat kaasut nostavat paineen palotilassa niin korkeaksi, että mäntä pakottautuu painumaan alaspäin ja pyörittää tällöin kiertokangen välityksellä kampiakselia.

(Savolainen 1974,185-186)

Dieselmoottorit toimivat samankaltaisesti kuin bensiinimoottorit, molemmissa moottorityypeissä on sylinteri, mäntä, kiertokanki ja kampiakseli. Järjestelmien olennainen ero tulee vastaan polttoaineen ja sytytyksen kohdalla. Dieselmoottorissa palotilaan johdetaan ilmaa, joka puristetaan korkeaan paineeseen. Ilma lämpenee puristamisen yhteydessä niin kuumaksi, että lämpötila ylittää polttonesteen itsesyttymispisteen, tässä vaiheessa palotilaan johdetaan pieninä pisaroina polttonestettä, joka sekoittuu ilman kanssa tehokkaasti ja syttyy palamaan.

(Savolainen 1974, 194-197)

3.2 Vertailu

Kaasuturbiini voidaan jättää tässä yhteydessä käsittelemättä niiden hankalan saatavuuden vuoksi. Tarvittavan koneen kokoluokka on myös sellainen, että sekä otto-, että dieselmoottoreissa kysymykseen tulee lähinnä nelitahtimoottorit.

Bensiinimoottorin etuina dieseliin verrattuna on kevyt rakenne, hankinnan edullisuus ja kaasun herkkyys. Dieselmoottorin edut taas ovat luotettavuus, pitkäikäisyys, polttoaineen edullisuus, alhaisempi palovaara bensiiniin verrattuna ja vanhempien moottoreiden tapauksessa käyminen ilman sähköä.

(Bartlett 2005, 1)

4 MOOTTORIN MUUNTAMINEN VENEKÄYTTÖÖN

4.1 Auto- ja merikäytön eroavuudet

Automoottori sijaitsee normaalisti auton keulassa olevassa konetilassa, jossa ilmavirta jäähdyttää syyläriä, jossa kiertävä jäähdytysneste jäähdyttää koneen osia kiertäessään koneen sisällä sille varatuissa kanavissa. Ilmavirta jäähdyttää myös suoraan pakoputkea ja öljypohjaa. Venekäytössä moottori on yleensä tilassa, jossa ilmavirran hyödyntäminen jäähdytykseen ei ole käytännöllistä ja suhteellisen vähäisen ilman vaihtuvuuden takia konetila on yleisestikin kohtuullisen lämmin.

(Seddon 2001, 28-29)

Venekäytössä on kytkin ja vaihteisto myös yleensä korvattu niin sanotulla merikytkimellä, ja kaasukahvalla jossa on kierrosnopeuden säädön lisäksi vaihde eteen ja taakse, eikä erillistä kytkintä tarvita.

4.2 Moottori

Automoottoria muunnettaessa venekäyttöön on koko jäähdytysjärjestelmä suunniteltava uusiksi. Ensimmäisenä on päätettävä toteutetaanko moottorin jäähdytys merivesi- vai makeavesi jäähdytyksellä, eli kiertääkö moottorin jäähdytysvesi kierrossa suoraan merivesikaivon kautta aluksen ulkopuolelta tuleva vesi(jatkossa merivesi), joka menee kerran moottorin läpi ja poistuu veneestä vai kiertääkö moottorissa edelleen suljetussa kierrossa jäähdytysneste(jatkossa makeavesi) kuten autokäytössä, jota jäähdytetään merivedellä lämmönvaihtimen avulla.

Merivesijäähdytys on huomattavasti yksinkertaisempi ja edullisempi rakentaa. Siinä ei tarvita muuta, kuin suodattimen läpi imeä merivesi koneen omalla kiertovesipumpulla koneeseen ja jos on vesijäähdytteinen pakosarja, niin poistovesi koneelta vedetään pakosarjan läpi ja pakoputkeen tai erilliseen poistoputkeen ja laidasta takaisin mereen.

Makeavesijäähdytys, vaikka onkin rakenteeltaan monimutkaisempi, on yleensä arvostetumpi, sillä siinä koneessa kiertää edelleen vesi-glykoli seos, jota jäähdytetään

lämmönvaihtimessa merivedellä. Täten korrosioiva ja likainen merivesi ei missään kohtaa mene moottorin sisälle. Verrattuna merivesijäähdytykseen makeavesijäähdytyksessä joudutaan hankkimaan erillinen lämmönvaihdin ja merivesipumppu, jolloin marinoiminen on kalliimpaa. Makeavesi jäähdytetyt moottorit ovat kuitenkin selkeästi merivesijäähdytettyjä pitkäikäisempiä.

(Boatsafe WWW –sivut 2009)

4.3 Apulaitteet

Apulaitteinaan moottori tarvitsee edelleen omat alkuperäiset apulaitteensa kuten polttoaineen siirtopumpun, syöttöpumpun, jäähdytysvesipumpun, hehkutulpat, laturin ja startin. Nämä osat tulevat yleensä koneen mukana, joskin ne on syytä huoltaa ennen käyttöönottoa veneessä pidentääkseen niiden elinikää. Vaihteisto ja kytkin tarvitsee venekäytössä poistaa ja korvata merikytkimellä tai vetolaitteella.

5 VAIHTOEHTOISET PROPULSIOJÄRJESTELMÄT

5.1 Suora akseliveto, kiinteälapainen potkuri

Suorassa akselivedossa moottorilta vedetään suora akseli, joko suoraan vauhtipyörän päästä tai useimmissa tapauksissa alennusvaihteen kautta. Alennusvaihteen tarkoitus on alentaa moottorin kierrosluku potkurille sopivaksi. Akselijohtoa eteenpäin mentäessä tulevat kannatinlaakerit ja vannasputken tiiviste, jolla estetään meriveden virtaus veneeseen sisälle. Vedon suunnan vaihto toteutetaan, joko vaihteella tai lähinnä laivojen tapauksessa kääntämällä moottorin pyörimissuuntaa. Tällaisen järjestelmän etuna se, että se on helppo rakentaa, edullinen ja vähän vikakohteita. Haittapuolena järjestelmällä on se, että se edellyttää moottorin ja potkuriakselin hyvin tarkkaa linjaamista keskenään. Tämä ongelma voidaan pienien veneiden tapauksessa poistaa laittamalla akselilinjaan molemmista päistä ristikkonivelellä varustettu akseli. Haittana on alentunut hyötysuhde, lisääntynyt ääni ja lisää huolto- ja vikakohteita.

Kiinteälapainen potkuri on myös edullinen hankkia, ei sisällä huoltokohteita ja sillä on korkea hyötysuhde, koska potkuri voidaan optimoida täsmällisesti ja lapapinta-alaa on paljon.

(Carlton 2012, 11-13)

5.2 Suora akseliveto, säätölapapotkuri

Säätölapapotkureissa on mahdollista muuttaa potkurin lapakulmaa hydraulisylinterin avulla. Tämä mahdollistaa paremman hyötysuhteen vaihtelevilla nopeuksilla kun voidaan muuttaa sekä kierrosnopeutta, että lapakulmaa, ja näin saada aikaan aina optimaalinen kuorma moottorille. Useimmissa säätölapapotkuriasennuksissa kuitenkin pidetään kierrosnopeus vakiona ja pelkästään lapakulmalla säädetään nopeutta, koska tällainen tasakierroskäyttö mahdollistaa akseligeneraattorien käytön, jolloin ei ole tarvetta erilliselle apumoottorille. Toinen säätölapapotkurilla saavutettava etu energiatehokkuuden lisäksi on nopeampi ohjailtavuus. Pääkonetta ei tarvitse pysäyttää ja käynnistää uudelleen pyörimään toiseen suuntaan haluttaessa jarruttaa tai peruuttaa, vaan voidaan vain kääntää lapakulmat negatiivisiksi. Säätölapapotkurit eivät kuitenkaan hintansa vuoksi ole kovin yleisiä ratkaisuja pienien huviveneiden yhteydessä, mutta yleisiä laivoissa ja jahdeissa. Suorassa akselivedossa potkuri on aina samassa linjassa aluksen rungon kanssa, ja ohjailuun tarvitaan erillinen peräsin.

(Carlton 2012. 19-21)

5.3 Ruoripotkuri

Ruoripotkurilla tarkoitetaan järjestelmää, jossa peräsin ja potkuri ovat yhdistetty yhdeksi järjestelmäksi, jossa potkuria voidaan kääntää ja siten muuttaa työnnön suuntaa ilman erillistä peräsinä. Ruoripotkureita on kehitelty jo useita erityyppisiä vastaamaan eri käyttötarkoituksia. Tärkein jaottelu ruoripotkureissa on kuitenkin azimuthhing'in ja podded -järjestelmän välillä. Azimuthing voidaan edelleen jakaa L-järjestelmään ja Z-järjestelmään akselien asennon perusteella. L-järjestelmässä on voimanlähteenä useimmiten sähkömoottori, joka pyörittää pystysuoraa akselia ja josta voima käännetään kulmavaihteen avulla potkurille. Z-järjestelmässä taas akseleita on kolme ja ne muodostavat keskenään karkeasti Z-kirjainta muistuttavan järjestel-

män. Ensimmäinen akseli tulee voimalähteeltä, joka useimmiten on dieselmoottori. Tämä välitetään edelleen kulmavaihteen avulla pystysuoralle akselille, jolla mennään laivan pohjan alapuolelle, jossa kulmavaihteella välitetään voima kolmannelle jälleen vaakasuoralle akselille, johon potkuri on kiinnitetty.

Podded-tyyppisessä ruoripotkurijärjestelmässä on aina kysymys jonkinlaisesta hybridiratkaisusta, potkuria pyörittää suoraan podiin, eli aluksen ulkopuolelle sijoitettu sähkömoottori. Tällöin vältetään kulmavaihteiden käytöltä ja aluksen käyttövoiman tuottava kone voi olla sijoitettuna mihin tahansa, podin ottaessa käyttövoimansa sähköverkosta. Sekä azimuthing-, että podded-järjestelmistä on edelleen eri variaatioita sen mukaan, onko kyseessä vetävä vai työntävä järjestelmä, onko potkuri avoin vai suulakkeella varustettu ja onko yhdessä akselissa yksi vai useampi potkuri. Kaikissa kolmessa järjestelmässä: podded- ja L- ja Z- tyyppisissä azimuthing asennuksissa potkurilaitetta voidaan pyörittää rajoittamattomasti ympäri, jolloin perinteiselle peräsimelle ei ole tarvetta, joskin potkurin kääntöön tarvittava koneisto muistuttaa suurelta osin peräsinkoneikkoa. Järjestelmässä ei myöskään ole tarvetta kyetä vaihtamaan potkurin pyörimissuuntaa, jolloin saavutetaan myös parempi potkurin hyötysuhde erityisesti taaksepäin kuljettaessa.

(Carlton 2012. 16)

5.4 Vesisuihku

Vesisuihkua käytetään propulsion lähteenä vesiskoottereissa sekä joissakin liukuvis- sa nopeissa ja pienissä aluksissa. Vesisuihkun periaatteena on, että aluksen läpi kulkee kanava, jota pitkin vesi virtaa keulasta perää kohti. Tähän kanavaan on sijoitettu pumppu, jota aluksen voimanlähde pyörittää. Pumppu pumppaa vettä taaksepäin kanavassa lisäten veden nopeutta ja näin ollen veden purkautuessa aluksen perästä ulos syntyy työntövoima, joka liikuttaa alusta eteenpäin. Tällaisia aluksia ohjataan kääntämällä vesisuihkun suuntaa. Pysäyttävä tai taaksepäin vetävä voima saadaan aikaan kääntämällä vesisuihkun eteen kauha, jolla pakotetaan vesisuihku virtaamaan takaisin aluksen keulaa kohti.

(Carlton 2012. 21-22)

5.5 Sisäperämoottori

Sisäperämoottorijärjestelmä muodostuu moottorista, joka sijaitsee veneen sisällä, sekä vetolaitteesta, joka on kiinnitetty aluksen ulkolaitaan. Vetolaitetta pystytään kääntämään suoraan, joten erillisen peräsimen tarvetta ei ole, mutta vetolaite, toisin kuin ruoripotkuri, ei kykene kääntymään peruutusasentoon, vaan sitä varten on potkurin pyörimissuunta kyettävä muuttamaan.

5.6 Muita propulsio tyyppejä

Edellä esiteltyjen lisäksi on olemassa myös muita ratkaisuja aluksen propulsioon, mutta ne ovat joko enemmän tai vähemmän kokeellisia tai historiaksi muuttunutta tekniikkaa. Näihin järjestelmiin kuuluvat perinteisten purjeiden lisäksi siipirattaat, limittäin asennetut potkurit, joka on kaksimoottoriasennus sekä tandempotkuri, jossa erilliset potkuriakselit ja potkurit sijaitsevat peräkkäin, jolloin veden energiamäärää saadaan kasvatettua ilman, että kavitaatio muodostuu ongelmaksi. Hieman erikoisemmista järjestelmistä mainittakoon usein hinaajissa käytetty Voith-Schneider potkuri. Siinä potkuri muistuttaa vaakatasossa olevaa siipiratasta ja vetosuuntaa ohjataan siirtämällä yksittäisiin lapoihin kiinnitetyn vivuston keskipistettä siten, että ajoitus missä asennossa lavat ovat missäkin kohtaa kierrosta, muuttuu luoden työntövoiman haluttuun suuntaan.

(Carlton 2012. 17-23)

5.7 PERÄSIN

Peräsin on se laite jolla alusta ohjailaan. Peräsimestä on monenlaisia kehitysaskelia, mutta peruseriaate on aina sama. Peräsin on jonkun muotoinen laite, jonka tarkoitus on ohjata potkurivirtaa tai purjealusten tapauksessa veneen nopeuden aiheuttamaa virtausta uuteen suuntaan, ja veden virtaus vääntää veneen perää haluttuun suuntaan. Perinteisin peräsinmalli on yksinkertainen levy potkurin takana, joka on veneen liikkuessa suoraan aluksen kölin suuntainen ja haluttaessa kääntää, levyn asentoa kölinjaan nähden muutetaan, jolloin potkurivirta osuu levyyn ja vääntyy haluttuun suuntaan. Tähän versioon on kehitelty alusten käsiteltävyyden parantamiseksi erilai-

sia muotoiluja ja taittuvia taka- ja etureunoja. Nämä muutokset lisäävät peräsinten hintaa ja vikakohteiden määrää, mutta hyöty ohjattavuudessa on monesti merkittävämpi.

Toinen kehitysversio perinteisestä peräsimestä on niin sanottu tunneliperäsin, jossa potkuri tulee edelleen suoralla akselilla ulos aluksen perästä, mutta potkurin ympärille, osittain etu- ja osittain takapuolelle, tulee tarkasti muotoiltu tunneli, joka on kiinni peräsinkoneessa ja tunnelin kääntäminen ohjaa potkurivirtaa.

Muita tapoja aluksen ohjailuun on ilman erillistä peräsintä toimivat perävetolaitteet, vesijetit ja ruoripotkurit, joissa käännetään suoraan potkurin asentoa suhteessa aluksen kölilinjaan.

Monimoottoriasennuksissa yleisesti käytetään ohjailussa jonkun edellä mainitun lisäksi koneiden kuormittamista epätasaisesti, joka aiheuttaa kääntymisen samalla periaatteella kun soutuvenettä käännetään soutamalla pelkästään ulkokaarteen puolelta tai tiukoissa käänöksissä jarruttamalla sisäkaartein puolelta.

(Räisänen 2000, 8.20, 11.11-11.15)

5.8 Potkuri

Potkuri on yleisimmin käytössä oleva ratkaisu koneen tuottaman pyörivän liikkeen muuntamiseksi alusta eteenpäin vieväksi tehoksi.

Potkuri muodostuu akseliin kiinnitettävästä keskiöstä ja keskiön ulkokehällä olevista lavoista.

Lapoja voi olla erinäinen määrä aina perämoottoreissa ja jossain purjeveneiden moottoreissa yleisestä kahdesta lavasta sukellusveneissä nähtävään seitsemään lapaa ja mahdollisesti jossain sovelluksissa on useampilapaisiakin versioita.

Lapojen määrä vaikuttaa olennaisesti potkurin ominaisuuksiin: mitä vähemmän lapoja, sitä vähemmän vastusta vedessä, mutta myös vähemmän työntävää pinta-alaa. Enemmän lapoja taas tarjoaa vähemmän tärinää, ja täten vähemmän ääntä, sen takia suurta lapamäärää suositaan sukellusveneissä, joiden on toivottavaa liikkua mahdollisimman äänettömästi.

Käytännössä laivoissa yleinen lapojen määrä on 4-5 lapaa, jolla saavutetaan sen kokoluokan potkureissa sopiva pinta-ala työntövoimaa ajatellen, kuitenkin lapojen ollessa riittävän kaukana toisistaan ollakseen aiheuttamatta häiriötä toisilleen.

Venepotkurit uppoamarunkoisissa veneissä ovat useimmiten kolmelapaisia, koska ne ovat mitoiltaan pienempiä ja pyörivät nopeammin kuin laivapotkurit ja täten suurempi lapamäärä aiheuttaisi häiriötä toisilleen.

(Carlton 2012, 11-13)

Potkurit voivat olla joko yhdestä kappaleesta valettuja tai kasattuja siten, että ne muodostuvat erillisestä keskiökappaleesta, johon lavat kiinnitetään erikseen. Yleisesti pienet potkurit ovat tehty yhdestä kappaleesta, joka on halvempaa ja rakenteeltaan yksinkertaisempi, kun taas suuremmat laivapotkurit ovat kasattua mallia, johtuen niin isojen kappaleiden kerralla valamisessa olevista materiaaliteknisistä ongelmista. Tällainen konstruktio on monimutkaisempi rakenteeltaan, mutta etuna siinä on, että voidaan tarvittaessa vaihtaa yksittäisiä lapoja jopa merellä ilman, että tarvitsee heti uusia koko potkuria.

(Carlton 2012, 11-13)

6 PROJEKTIN ESITTELY

6.1 Moottori

Päädyttiin valitsemaan koneeksi dieselmoottori sen luotettavuuden, paremman sopeutumisen kuormanvaihteluihin ja sähköntarpeettomuuden takia. Eri moottoreita kartoittaessa markkinoilta vastaan tuli Toyota Land Cruiserista tuttu 2H moottori (kuva 1), joka päädyttiin hankkimaan veneeseen asennusta varten sen erityisen luotettavan maineen ansiosta.

2H moottori on 6 sylinterinen 4 litrainen Dieselmoottori, jossa on ahtamattomana 77kW tehoa, 3500rpm käyntinopeudella ja vääntöä 240Nm/2000rpm. Sylinteri halkaisija on 91mm ja iskunpituus 102mm.

(Autowiki WWW-sivut 2009)

Moottorille oli tehty täydellinen koneremontti, jonka jälkeen koneella ei ole ajettu ollenkaan.



Kuva 1 Toyota 2H moottori autotallissa (Kuvannut P. Vallinmäki)

6.2 Sähköjärjestelmä

Toyota Land Cruiserissa on alkuperäisesti 24 Voltin sähköjärjestelmä, johon moottorin osalta kuuluu käynnistinmoottori, hehkutulpat, käynnistysilman lämmitin, Edic-moottori ja laturi.

Veneessä projektin alkaessa ollut sähköjärjestelmä taas oli suunniteltu 12 Voltin jännitteelle ja järjestelmä oli kohtuullisen tuore ja laaja.

6.3 Propulsio

Propulsio ratkaisuksi lähdettiin kartoittamaan Z-tyyppisen ruoripotkurin soveltumista ja toteutettavuutta lähinnä kustannuksien osalta. Vetolaite päädyttiin valmistamaan mahdollisimman suurelta osin itse käyttäen mahdollisimman paljon komponentteja, joita on helposti ja edullisesti saatavilla muun muassa purkamoilta. Suunnittelussa lähdettiin liikkeelle kohdassa 8 piirrustukset kuvassa 14 esitetystä ratkaisusta, jossa moottori on edelleen suunnilleen vanhalla paikallaan keskellä venettä ja tästä akseliset vedetään aluksen perässä olevalle vetolaitteelle.

Kyseinen tekninen ratkaisu on ongelmallinen sikäli, että sellaisia ei ole kovin yleisesti tehty huvivene käyttöön, mistä johtuen valmiita osia ei ole saatavilla, eikä myöskään hirveästi huvivene puolen kokemuksia rakenteen toimivuudesta. Verrattain samanlaista ratkaisua huviveneisiin on nykyisin olemassa muutamilla valmistajilla kuten Volvo Pentan IPS ja Mercruiserin Zeus. Ammattiliikenteessä ratkaisu on kuitenkin kohtuullisen yleinen esimerkiksi hinaajissa ja joiltain osin järjestelmä on verrattavissa myös yleistymässä olevaan podded- propulsioon.

7 PROJEKTISUUNNITELMA

7.1 Moottori

Moottorin marinointia tutkittaessa kävi selväksi, että parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi on kannattavinta tilata valmis paketti marinointiosia niitä valmistavasta ja välittävästä firmasta. Tällainen firma monen muun koneen ohella Toyota 2H:lle on Piikkiön venevarustaja. He myyvät 2H konetta varten seuraavia marinointi osia:

- vesijäähdytetty pakosarja
- putkimallinen lämmönvaihdin jäähdytysvedelle
- vesipumppu merivedelle
- kaaveli merikytkintä varten

- etukorvat moottorin kumityynyjä varten
- öljyntyhjennyspumppu

(Piikkiön venevarustaja www- sivut 2015)

Näistä osista tarvitsimme projektiimme ainoastaan lämmönvaihtimen, pakosarjan ja vesipumpun, sillä petauksen teimme koneen alkuperäisten kumityynyjen pohjalle ja merikytkintä ei alukseen erillisenä asennettu, joten kaavelille ei myöskään ollut käyttöä. Öljyntyhjennyspumppuksi asensimme tynnyripumpun, joka sovitettiin alkuperäiseen öljyproppuun letkulla, nopeaa öljynvaihtoa ajatellen.

7.1.1 Jäähdytys

Jäähdytys koneelle päätettiin suorittaa suljetulla kierrolla eli moottorissa kiertää autojärjestelmää muistuttaen omalla vesipumpulla glycoli-vesiseos(makeavesi), jolle on varattu oma paisuntasäiliö ja lämmönvaihdin minkä toiselle puolelle johdetaan kaivon kautta merivesi. Merivesipumppu on pienveneissä yleisen mallin mukaisesti koneelta voiman ottava hihnavetoinen siipipyöräpumppu. Pumppu pumppaa tarvittavan meriveden makeavesijäähdyttimeen ja pakosarjan ja pakoputkiston jäähdyttämiseen. Merivesipumppua varten on oltava olemassa merivesikaivo, jossa on asianmukaiset suodattimet ja pohjaventtiili, jotta sen voi tarvittaessa eristää avausta varten. Tällaisessa järjestelmässä meriveden määrä on niin vähäinen, että kaivon toisiopuolelle ei tarvita venttiiliä, vaan koko järjestelmän voi laskea pilssiin tai imeä koneella tyhjäksi. Merivesipumppu kuuluu Toyotan koneelle myytävään mallikohtaiseen marinointisarjaan. Käytimme vanhasta merivesipumpusta saatavaa SBZ-hihnalle suunniteltua hihnapyörää, joka kiinnitettiin koneen jäähdytysvesipumpun päässä olevaan, alun perin tuulettimelle tarkoitettuun, koplinskiin (pultit näkyvillä kuvassa 1). Merivesipumpun päähän hankittiin uusi halkaisijaltaan huomattavasti isompi hihnapyörä, sillä valmistajan ilmoittamat maksimikierrokset pumpulle on 2000rpm ja koneen maksimi kierrokset ovat 3500rpm, joten pumppu täytyi saada kiertämään hitaammin kuin kone.

7.1.2 Öljynjäähdytys

Öljynjäähdytykseen tehtiin oma erillinen putkimallista lämmönvaihdinta muistuttava lämmönvaihdin kahdesta päällekkäisestä putkesta siten, että toisella puolella lämmönvaihdinta kiertää moottorin jäähdytysneste, jolla öljy saadaan pidettynä ihanteellisella 70-110 celsiusasteen lämpötila-alueella (kuva 2). Öljyn kierrätykseen öljypohjasta lämmönvaihtimeen käytetään Toyotan alkuperäisen laturin päässä olevaa vakuumipumppua, joka imee öljyn öljypohjasta ja painaa sen lämmönvaihtimen läpi takaisin öljypohjaan.



Kuva 2 öljynjäähdytin (Kuvannut P. Vallinmäki)

Öljypuolen putkeksi valittiin 16 millimetriä paksu teräsputki joka kiertää lämmönvaihtimen ulkokuorena toimivan 80 mm halkaisijaltaan olevan putken sisällä U-mallisena, täten saatiin lämmönsiirto pinta-alaa enemmän pitäen lämmönvaihtimen pituus sopivana.

7.1.3 Ilmanotto

Ilma otetaan konetilaan aluksen kyljessä olevasta aukosta ja kone ottaa oman imuilmansa konetilasta suodattimen kautta. Koneen imuilman suodatukseen haluttiin käyttää ylimääräisenä olevaa Saab 9000 henkilöauton suodatinkoteloä ja suodatinta. Tämän soveltuvuus koneeseen todettiin laskemalla koneiden tilavuuden, maksimi käyntinopeuden ja ahtopaineen avulla molempien koneiden tarvitsema ilmamäärä sekunnissa kaavalla:

$$V \times \text{RPM} / 2 \times P$$

V= koneen tilavuus

RPM= koneen maksimi kierrosnopeus

P= koneen maksimi ahtopaine.

Tällä kaavalla saatava tulos on sikäli virheellinen, että siinä oletetaan, että koneessa on maksimikierroksilla maksimiahtopaine, joka antaa liioitellun ilman tarpeen. Tämän takia laskin vielä varmuuden vuoksi samalla kaavalla ilman ahtopainetta saatavan tuloksen Saabin ilmamäärälle, jotta voitiin olla varmoja, että ilmansuodattimen kapasiteetti riittää.

Toyotan ilman tarpeeksi saatiin laskemalla 7000 litraa minuutissa, kun taas Saabin ilmansuodatin on suunniteltu vastaamaan Saabin tarvetta, joka 2.3 litran ahdetulla koneella on 11 270 litraa minuutissa ja 8 050 litraa minuutissa, mikäli jätetään ahtopaineen vaikutus huomioimatta. Täten voidaan hyvin todeta, että Saab 9000 ilman-suodatin on riittävä 2H koneelle.

7.2 Mittaristo

Mittaristo on alun perin ollut sijoitettuna ohjauspulpetin sivulle sähkökaapin päälle, ja siitä on löytynyt polttoainetankkien pintamittari, akkujen jännite-, öljynpaine- ja makeanveden lämpötilamittarit (kuva 3). Mittaristo siirrettiin ohjauspulpettiin karttapöydän alle, jolloin saadaan tilaa useammalle mittarille. Tämän jälkeen mittaristo peitettiin läpinäkyvällä levyllä, jotta saatiin kuitenkin tasainen karttapöytä (kuva 4). Karttapöydän alapuolella sijaitsee veneen WC, johon mittarien upotuksen jälkeen rakennettiin uusi sisäkatto.

Tarvittavia mittareita:

- akkujen jännite + merkkivalot
 - starttiakut
 - kulutusakut
- makeavesi jäähdytysveden lämpötila
- meriveden lämpötila pakosarjan jälkeen
- polttoainetankkien pinnankorkeus
- Öljyn paine
- Öljyn lämpötila
- Kierrosluku
- Käyntitunnit



Kuva 3 vanha karttapöytä ja osa mittaristoa (Kuvannut P. Vallinmäki)



Kuva 4 uusi karttapöytä ja mittaristo (Kuvannut P. Vallinmäki)

- Kuormitus(alipaine imusarjassa)

7.3 Äänieristys

Äänieristys on huviveneessä hyvin tärkeä osa kokonaisuutta, sillä aluksessa ei ole tarkoitus joutua käyttämään kuulosuojaimia ja veneilykokemus kärsii jos joutuu mukana oleville huutamaan kaikki asiat. Alun perin veneen äänieristys oli suoritettu villalla, tankkien sijoituksella ja laittamalla moottoritilaan erilaisia käyttökohteeseen sopimattomia materiaaleja, kuten sanomalehtiä. Nämä kaikki eristeet poistettiin niiden paloherkkyyden ja homehtumisen takia, ja korvattiin asianmukaisilla äänieristysmateriaaleilla eristäen konetilan seinät ja katto asuintiloista. Äänieristys materiaaleiksi ilmaa- nille valikoitui raskasbitumimattoa matalia taa- juuksia varten ja avosolumuovimattoa korkeita taa- juuksia varten(kuva 5). Runkoäänien eristys suori- tettiin asentamalla kaikki kumityynyjen varaan tai hitsaamalla tukevasti runkoon. Koneen pakoäänet vaimennetaan veneissä yleensä joko, johtamalla merivesi putkistoon, joka jäähdyttää pakokaasuja, lisäksi pakokaasut voidaan johtaa veden alle, jol- loin meri vaimentaa ääntä entisestään. Toinen tapa toteuttaa pakoputkisto on kuivapakoputki, jolloin se on periaatteeltaan samanlainen kuin autoissa tai laivoissa yms, eli äänenvaimennus tehdään äänen- vaimentimella ja pakokaasut johdetaan ilmaan.

Valitsimme pakoputkistoksi kuitenkin vesipako-



Kuva 5 Äänieristystä konetilan etusei- nässä (Kuvannut P. Vallinmäki)



Kuva 6 äänenvaimennin (Kuvannut P. Vallinmäki)

putken, jolloin putken jäähdyttäminen aikaisessa vaiheessa mahdollistaa osan putkistosta tekemisen letkulla, putki haluttiin myös viedä veden alle, uimatason alapuolelle, jolloin pakokaasut eivät likaisinakaan ala nokeamaan aluksen perää. Tämän lisäksi asensimme alukseen omavalmisteisen äänenvaimentimen ennen meriveden tuomista pakoputkeen (kuva 6).

7.4 Petaus ja värinänvaimennus

Petausta varten rungossa on jo vanhalle koneelle ollut vahvikkeet, jotka vaikuttavat riittävän tukevilta ilman laskemistakin. Tästä petauskohta kuitenkin vielä vahvistui entisestään kun 2H koneelle tehtiin 50mm x 5mm neliöputkesta alusta, johon kumityyny voi kiinnittää etukäteen verstaalla ja viedä veneeseen valmis petauspukki 2H konetta varten asennettavaksi ilman konetta, jolloin se saatiin hyvin tukevasti hitsaamalla kiinni runkoon ja tämän jälkeen kone voitiin vain laskea valmiiseen petaukseen ja sovittaa takapään kiinnitys koneelle vaadittavan linjauksen mukaan sopivalle korkeudelle. Takapään tuenta suoritettiin kytkinkopan päästä neljällä pultilla omavalmisteiseen 10mm paksuun rautaan, joka on toisesta päästä kumityynyjen varassa rungossa. Rauta valmistettiin kolmesta osasta, yhdestä joka kiinnittyy pultein kytkinkoppaan ja molemmille puolille konetta tulevista raudoista, jotka olivat kiinnitetty kumityynyihin joiden toinen kiinnityskohta hitsattuna petipukkiin. Tämän jälkeen kone voitiin taljan avulla trimmata sopivaan asentoon etupään ollessa jo tukevasti kiinni ja hitsata osat yhteen, jonka jälkeen kone on tukevasti pedattu.

7.5 Potkuri

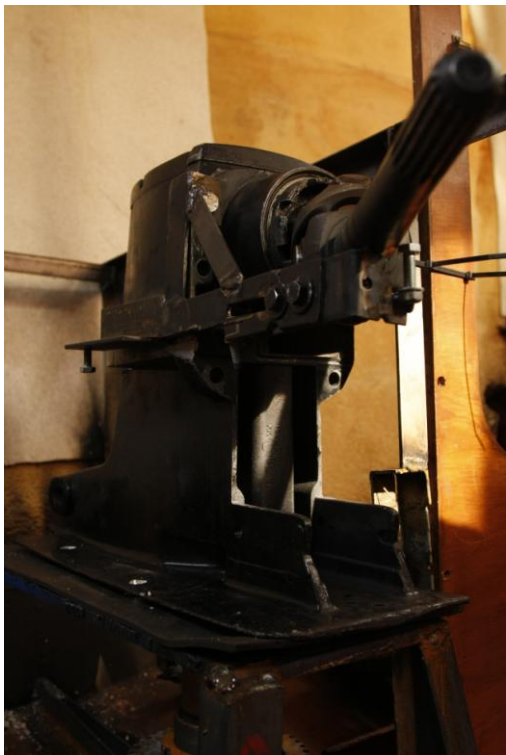
Tässä vaiheessa projektin suunnittelua oli syytä epäloogiselta kuulostavasti käsitellä potkuria, sillä potkurin valintaan vaikuttaa ainoastaan koneen suorituskyky, ja veneen mitat. Nämä seikat eivät muutu millään tavalla Z-vedon takia, mutta alennussuhteen takia vaikuttavat osien mitoitus olennaisesti.

Alkuperäinen veneen potkuri on pronssinen kolmilapainen 18R13 malli.

alun perin valmistettu ja sen koneen suorituskykyä on verrattu valitsemaamme 2H moottoriin.

Bravo I vetolaitetta on ollut saatavina jopa Mercruiser 496 MAG HO koneelle, jonka teho on 387hp/5000 rpm ja vääntö 550Nm/3900 rpm. Tämän perusteella voimme todeta kyseisen vetolaitteen riittävän kestäväksi 2H koneelle.

(Outdrives www-sivut 2014, Fullthrottlemarine www- sivut 2007)



Kuva 8 Bravon yläkerta asennettuna veneeseen (Kuvannut P. Vallinmäki)



Kuva 9 Pentan alakerta ja läpivienti (Kuvannut Eerik Ekström)

Suurin kone puolestaan, mille Volvo Pentan 280 vetolaitetta on aikoinaan myyty, on Volvo Penta AQ290A. Se on pohjimmiltaan GM350, 5.7l V8 Bensiini kuorma-automoottori, josta on otettu tehoa 255hp/4600rpm ja vääntöä on 447Nm /2800rpm. (Wikipedia WWW- sivut 2014)

Tämän vetolaitteen kestävyys laskeminen on hieman monimutkaisempaa, koska Mercruiserin vetolaitteen yläkerrassa on alennussuhde, joka muuttaa vääntöä kääntä-

en verrannollisesti akselin kierroksiin nähden. Eli 2H koneen vääntö on kerrottava Mercruiserin yläkerran tuottamalla alennussuhteella.

$$240\text{Nm} \times 1.304 = 312,96\text{Nm} < 447\text{Nm}$$

Vetolaitteen rakenneratkaisu toteutettiin siten, että ulommaisena osana vetolaitteessa on läpivientiputki, eräänlainen hylsäputki, jossa on rautaputken sisällä pronssiholkki eräänlaisena liukulaakerina. Holkkia vasten sisäpuolella pyörii putkimainen akseli, josta jatkossa puhutaan peräsinakselina, sen akselin alapää on kiinteästi kiinni Volvon vetolaitteen kuoressa ja yläpäästään putoaminen on estetty muttereilla, jolla vetolaite myös kiristetään sopivaan tiukkuuteen paikalleen painelaakeria vasten. Peräsinakselin yläpäähän on kiinnitetty hammaspyörä, johon ruori vaikuttaa ketjun välityksellä ja täten koko potkurilaite pyörii. Tämän akselin sisällä on pystyakseli, joka yhdistää molempien vetolaitteen osien vedon toisiinsa ja saa täten aikaan potkurin pyörimisen.

Mitoituksen kannalta olennaisia osia ovat peräsinakseli ja läpiviennin putki, koska näiden osien on tarkoitus ottaa vastaan potkurista tuleva työntövoima ja välittää se aluksen runkoon. Mitoitusta ajatellen voidaan molemmista kappaleista sanoa, että kuormitus on täysin taivuttavaa, eikä kummassakaan esiinny ollenkaan vääntöä, sillä vaikkakin ruorin kääntäminen ja potkurin kätisyys aiheuttavat akseliin vääntöä on kyseessä niin pieni vääntövoima suhteessa taivuttaviin voimiin.

Hylsäakselin ulkomitan maksimiarvon ja samalla käyttöarvon sanelee kaupasta saatavan silikoniletkun paksuudet, joiden maksimi on 102mm. Tämä perustellaan kohdassa 7.7 Tiivistäminen.

(silikoniletkut WWW-sivut 2015)

Täten hylsäputkeksi valikoituu 108mm putki, jota voidaan sorvata sopivaksi silikoniletkua varten. Valitaan kestävyys vuoksi riittävän paksuseinäinen putki johon toteamme kaavan $W = \frac{M}{\sigma}$ perusteella riittäväksi 5mm seinämällä olevan putken, joka kestää taivutusta 702Nm. Tällöin sisähalkaisija on 98mm, joten peräsinakseliksi valittiin tuosta 98mm halkaisijasta seuraavaksi pienempi malli, eli 88.9mm 6.3mm seinämävahvuudella, jonka sisähalkaisija on tällöin 76.3mm. Peräsinakselin taivu-

tuksen kestoksi saadaan 558Nm. Hylsän ja peräsinakselin väliin jää tällöin 9.1mm välystä, joka tiivistetään liukulaakerina toimivan pronssiholkin avulla. Holkki aihioksi ostettiin kaupasta pronssiputkea jonka ulkohalkaisija on 102mm ja sisähalkaisija 88mm. Teräskaupoissa ei kuitenkaan ihan toivottuja materiaaleja ollut pätkätavarana, joten rakenne toteutettiin 118/91mm paksulla ulkoputkella ja 91/71.5mm sisäputkella, joka on niin paksua rakenteeltaan että on varaa sorvata ohuelle pronssiholkille tilaa. Tiivistettä varten joudutaan sorvaamaan hylsäputkea niin ohueksi, että on välttämätöntä suunnitella kohta sellaiseksi, että se ei ota sisempään akseliin kohdistuvaa vääntöä vastaan, tämä toteutettiin koneistamalla laakeriholkille pesä, joka pitää laakerin tiivistyksenä olevan tason yläpuolella.

7.7 Tiivistäminen

Läpiviennin kohdalle peräsinakseliin on tehty laippa, joka leveydeltään vastaa edellisen akselin ulkopuolella olevaa läpivientiputkea, joka on hitsattu runkoon. Molempien osien päälle suunniteltiin tiivisteeksi 102mm paksu silikoniletku, joka puristuu osiin kiinni ja on toisesta päästään varmistettu letkukiristimellä toisen pään päästessä pyörimään vapaasti ohjailun mukana. Tämä letku toimii tiivisteenä, että merivesi ei pääse alukseen sisälle. Letku kiristyy entisestään tiiviimmäksi osia vasten vedenpaineen ansiosta ja samaisen vedenpaineen yrittäessä tunkea huomattavasti letkun sivuja pienemmältä pinta-alalta letkun sisälle, jolloin letku tiivistää järjestelmän. Letkun koko tulee olemaan suurin mahdollinen standardi koko, eli 102mm.

7.8 Kytkin/vaihde

Alkuperäinen merikytin on Hurthin malli: HBW 150-2,5R, jonka tehon kesto on 55kW huvivenekäytössä, joten se jouduttiin vaihtamaan.

(Hurth HBW boat reversing gearbox units manual)

Kytin korvattiin Bravo-vetolaitteessa sisällä olevalla kartiokytkimellä ja vaihdelaatikolla. Tällainen ratkaisu aiheuttaa kyllä koneelle käynnistettäessä ylimääräistä painoa, sillä akseli koneelta vetolaitteessa olevaan kytkimeen asti on kiinteästi yhdistet-

ty vauhtipyörään. Hyvin laakeroidun akselin ja vapaalla olevan vetolaitteen vastus on kuitenkin sen verran vähäinen, että kone käynnistyy siitä huolimatta.

7.9 Akselisto

Akselilla tarkoitan tässä osiossa moottorin vauhtipyörältä vetolaitteen yläosaan menevää akselistoa. Veneen alkuperäinen akselisto oli valmistettu kahdesta osasta. Kytimestä perään päin ensimmäinen akseli oli molemmista päistä ristikkonivelillä varustettu halkaisijaltaan 50mm oleva teräsakseli. Jälkimmäinen akseli oli edellä mainittuun kiinnitetty suora teräsakseli, jonka halkaisija oli 36mm. Molemmat akselit ovat silmin nähden mutkalla johtuen kesän 2014 aikana sattuneesta akseleiden yhteen kytkemiseen käytettyjen pulttien katkeamisesta, eli akselit jouduttiin vaihtamaan. Akselit täytyi myös mitoittaa uusia tehoja vastaaviksi.

Akseli päätettiin tehdä S355 teräksestä jolloin akselivahvuudeksi saadaan:

$$D = 6,6 \times \sqrt[3]{300\text{Nm}} = 45\text{mm}$$

(Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius, Välimaa 1995, 327

Tähän lisättiin vielä hieman työstövaraa, joten akseliksi valikoitui 50mm S355 akseli.

Akseli tuettiin kahdesta kohtaa SKF FY50 kuulalaakeriyksiköillä jotka on tukevasti kiinnitetty runkoon (kuva 10). Vetolaitteelle linjausta varten akselistoon jouduttiin laittamaan vielä nivelakseli, jollaiseksi valikoitui Nissan Laurel henkilöauton kardaniakseli, josta voidaan auton vaihteiston ja koneentietojen mukaan todeta, että se on suunniteltu kestämään sekä tämän koneen maksimi-



Kuva 10 takimmainen kannatinlaakeri (Kuvannut P. Vallinmäki)



Kuva 11 Coopers halkaistava rullalaakeriyksikkö (Kuvannut P. Vallinmäki)

vääntöä, että maksimi kierroksia. Kardaaniakselin tuenta suoritettiin Coopersin halkaistavalla rullalaakeriyksiköllä (kuva 11). Täten laakerin vaihto voidaan suorittaa akselistoa ja kardaaniin päitä purkamatta. Laakerit ovat kaikki pelkästään radiaalisesti tukevia laakereita, sillä rakenteessa ei esiinny normaalia potkuriakselista eroton ol- lenkaan työntävää tai vetävää voimaa. Päädyttiin teettämään akseleihin hitsattavat koplingit yhdistämään bravon akseli ja kardaani toisiinsa. Bravon akselissa oli jo en- nestään ristikkonivelet(2kpl), joita on alkuperäisessä käytössä käytetty mahdollista- maan vetolaitteen kääntö ja trimmaus, ja Laurelin kardaanissa oli sekä ylhäällä, että alhaalla ristikkonivelet. Alun perin näin monen ristikon aiheuttamaa linjausongelmaa ja vatkasta koitettiin korjata pelkällä kardaaniin tukevalla laakerilla ja kiristämällä ristikot jännitykseen, mutta ratkaisusta ei tullut tarpeeksi vakaata, joten toinen Bra- von ristikoista ja kardaaniin yläpään ristikkonivel poistettiin, jolloin akselistosta saa- tiin tärinätön.

7.10 Polttoainetankit

Aluksen polttoainetankit olivat alun perin muotoiltu sivuistaan runkomallia muotoi- leviksi ja sijoitettu moottorin molemmin puolin hyvin tiiviisti moottoria vasten. Tan- keilla oli kuitenkin tilaa olla lähempänä aluksen reunoja, kun paapuurin puolelta siir- rettiin ruorilta vetolaitteelle menevää akselistoa lähemmäksi ulkolaitaa. Näin saadaan enemmän tilaa moottorin ympärille huoltotöitä silmällä pitäen. Näin ollen tankkeja siirrettiin niiden alkuperäisiä tukirautoja pitkin lähemmäksi aluksen reunoja, siirret- tiin tankkauslinjan lähdöt uusiin kohtiin ja tehtiin uudet kiinnitykset tankeille sekä pestiin tankit. Tankkien ja rungon väliin laitettiin kumimattoa räminän estämiseksi. Tankkeihin asennettiin myös omat erilliset venttiilit yhdyslinjaan, jossa on vesitys- venttiili, karkea suodatin ja venttiili ennen koneen siirtopumpulle lähtevää polttoai- neletkua.

7.11 Polttoaineen suodatus

Toyotan moottorissa on oma mallikohtainen polttoainesuodatin siirtopumpun ja kor- keapainepumpun välissä. Lisäksi aluksen tankkeihin asennettiin veden poistoa varten vesitysventtiilit ja polttoainelinjassa on karkea suodatin ennen koneen siirtopumppua.

7.12 Sähköjärjestelmä

Aluksen koko sähköjärjestelmä rakentuu akkujen ja konevetoisten latureiden varaan.

Moottorin startti ja moottorin mukana tullut laturi ovat 24 voltin järjestelmälle suunniteltuja, ja päädyttiin pitäytymään 24 voltin starttimoottorissa edelleen, koska kokemus on osoittanut kyseisen paketin erittäin varmatoimiseksi ja helposti käynnistyväksi. Veneessä taas on lähiaikoina uusittu 12 voltin sähköjärjestelmä, jonka vaihtamista 24 volttiseksi ei koettu mielekkääksi vaihtoehdoksi. Täten alukseen päädyttiin rakentamaan kaksi erillistä järjestelmää, toinen käyttösähköä varten ja toinen moottorin käynnistykseen. Tällä saatiin myös lisää

käynnistysvarmuutta, sillä käyttövirta eli kulutusakusto on erillinen käynnistysakustosta. Näitä akustoja varten rakennettiin uusi akkupeti ja päävirtakytkimet (kuva 13). Uusi akkupeti sijoitettiin perähytin sängyn alle ja siihen mahtuu kaikkiaan neljä akkua, joista kaksi kytkemällä sarjaan saadaan moottorille 24V järjestelmä ja yksi akku kytketään 12V järjestelmään ja yksi mahtuu vielä vara-akuksi.

Latureita varten rakennettiin erillinen kiinnitysrauta, joka kiinnittyy alkuperäisiin laturin kiinnitysreikiin ja tukeutuu vielä yhden moottorin petipultin alle (kuva 12). Tähän rautaan kiinnittyy molemmat laturit päällekkäin sekä laakeroitu pyörä hihnan kiristystä varten.



Kuva 12 Laturit omassa telineessään (Kuvannut P. Vallinmäki)



Kuva 13 Akkupeti ja päävirtakytkimet (Kuvannut P. Vallinmäki)

Sähköjärjestelmästä kaaviokuva kohdassa 8 Piirrustukset, kuva 16. Kaaviossa ei ole kuitenkaan näkyvissä aluksen vanhaa kulutussähkö järjestelmää, eikä uusien asennuksien sulakkeita.

7.12.1 24 V- järjestelmä

Järjestelmä käsittää moottorin sähköjärjestelmän, eli starttimoottorin, laturin, EDIC-yksikön, hehkutulpat, imusarjan lämmityksen sekä tietysti 24 Voltin akut.

Järjestelmä täytyy kaikkine osineen tarkistaa ja huoltaa ennen käyttöön ottoa.

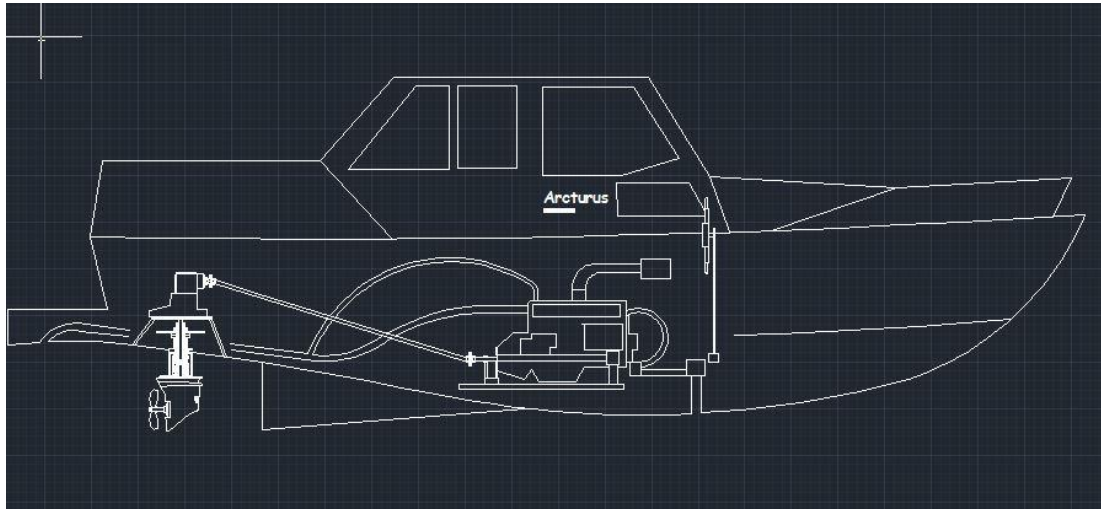
Moottorin mukana ollut EDIC- yksikkö ei toiminut, joten se poistettiin käytöstä kokonaan ja korvattiin sammutin- ja pakkosyöttövaijereilla.

Hehkutulpat vaihdettiin uusiin, jotka liitettiin 12V järjestelmään pidentääksemme niiden kestoikää. Imusarjan hehkutulpat eivät myöskään toimineet koneessa, mutta veneellä ajetaan kesäaikaan ja loppukeväästä, sekä alkusyksystä, joten ne todettiin tarpeettomaksi ja toisen imusarjan hehkutulpan läpivienti otettiin uuteen käyttöön, asentamalla siihen sovitin kuormitusmittaria varten.

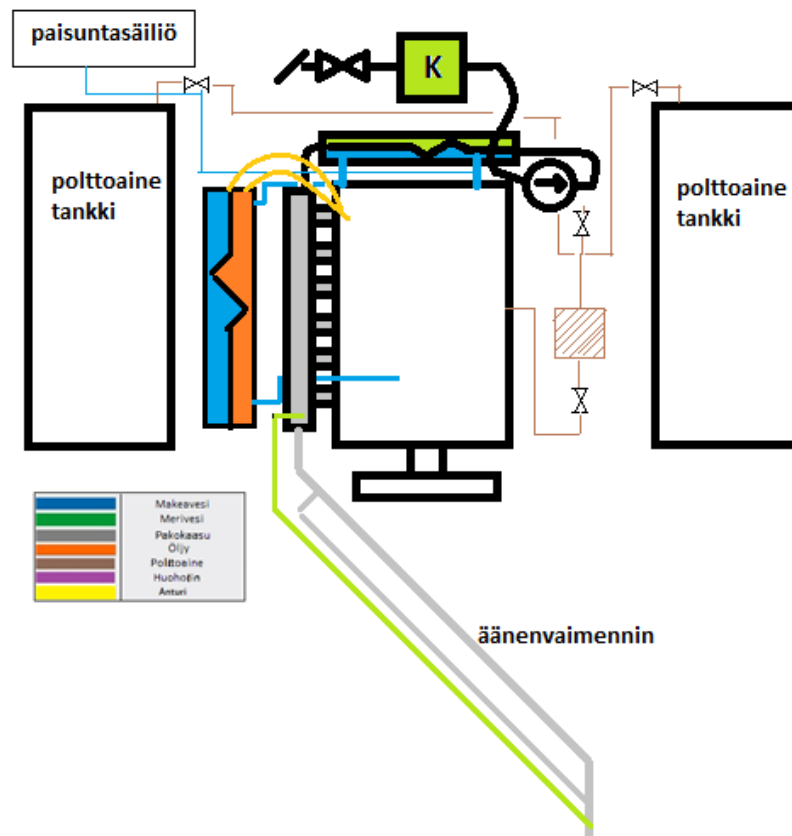
7.12.2 12 V- Järjestelmä

Kulutusakkuihin liitetty järjestelmä kattaa kaiken aluksen kulutussähkön, mikä ei ole suorassa yhteydessä moottoriin. siihen kuuluu kaikki valaistus, pilssipumppu, tuulilasin pyyhkijät, mittareiden sähköt, Eberspächer- lämmityslaite, kaikuluotain, loki, 12V pistorasia(ns. tupakansytytin) ja invertteri 220 Voltin vaihtovirrälle. Tätä akustoja päädyttiin lataamaan omalla erillisellä konevetoisella laturilla. Käyttöön sopiva laturi saatiin pihassa seisovasta varaosa SAAB 9000 henkilöautosta. Tästä laturista saadaan myös W- liittimen kautta mittaritieto kierroslukumittarille.

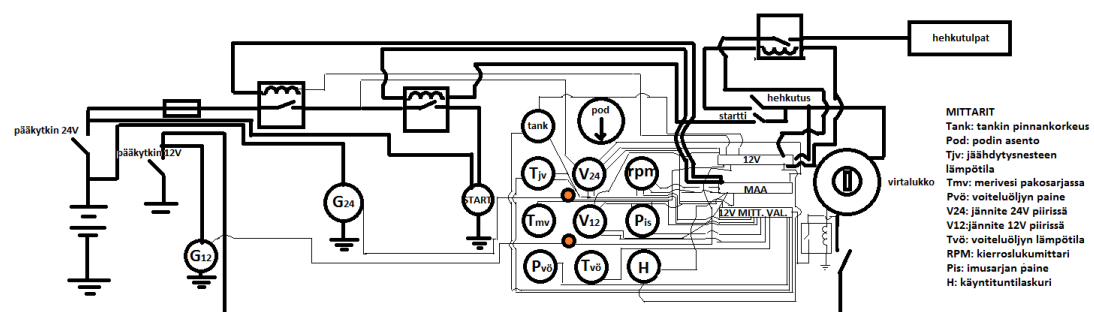
8 PIIRRUSTUKSET



Kuva 14 yleiskuva (Piirtäjä Eerik Ekström)



Kuva 15 Jäähdytys- ja polttoainejärjestelmä (Piirtäjä P. Vallinmäki)



Kuva 16 Sähkökaavio (Piirtäjä P. Vallinmäki)

9 BUDJETTI

Budjettiarviota varten suunnittelun edetessä pidettiin yllä excel-taulukkoa, johon merkittiin saatavilla olevat hintatiedot, joitain hinta-arvioita ja muutamia epämääräisiä kohtia, joista ei ollut tietoa, tai joiden tarkka miettiminen etukäteen ei ollut tarkoituksen mukaista. Vanhan järjestelmän osia päätyi myös myyntiin, mutta se jätettiin budjetissa huomioimatta. Samaten projektia varten hankitut työkalut on jätetty huomioimatta, sillä niitä ei koettu varsinaisesti projektin kuluiksi, koska niille on käyttöä myös projektin jälkeen.

10 HUOLTO-OHJELMA

Huolto-ohjelma alukselle laadittiin käyttäen suuntaviivoina valmistajien tekemiä huolto-ohjelmia ja ohjeita eri komponenteille, muokaten niitä kuitenkin joiltain osin tiiviimmiksi, johtuen alkuperäisestä käyttötarkoituksesta eroavasta ympäristöstä ja tehdäksemme huoltovälit mahdollisimman käytännöllisiksi veneily kautta ajatellen.

10.1 Osaluettelo

Osaluettelo on tehty helpottamaan huolto- ja varaosien hankintaa. Se on lista osista joiden korvaaminen toisen tyyppisellä ei ole mahdollista tai käytännöllistä. Lista ei ole lueteltu jokaista osaa erikseen, mikäli ne kuuluvat johonkin isompaan kokonaisuuteen.

10.1.1 Kone

Kone: Toyota 2H

Laturinhihna: XPB 1250

Merivesipumpun hihna: XPZ 670

Laturi 24V: Toyota 2H(Land Cruiser) 80A, Ulkoisella jännitteensäätimellä.

Laturi 12V: SAAB 9000 90A

Ilmansuodatin: SAAB 9000

Merivesipumppu: Johnson STX

10.1.2 Akselisto

Akseli: 50mm S355 n. 2m

kannatinlaakerit: 2x SKF FY50 Laakeriyksikkö+ Coopers halkaistava rullalaakeri yksikkö 2”

Pultit: 8x 8/40mm 12.9(kardaanin koplingit), 6x Toyota 2H “kansipultit”(vauhtipyörän koplinski)

10.1.3 Vetolaite

Yläosa: Merquiser Bravo 1

Alaosa: Volvo Penta 280

Akselit:

- läpivienti: S355 118mm/91mm
- Peräsinakseli: S355 91mm/71.5mm
- Liukulaakeri: Pronssi 102mm/88mm
- Läpivienti tiiviste: silikoniletku 102mm

Potkuri: 18R13

10.1.4 Ohjaus

Kierukkavaihte 1:10 välityksellä

Hammasrattaat: DID 420, 32 & 16 piikkinen

Ketju: DID 420

10.2 Öljynvaihto

Öljynvaihtoväli on Toyotan huolto-ohjelman mukaan 5000 km / 3 kuukautta, kumpi tuleekaan vastaan ensin. Tämä tarkoittaisi, että jos vene lasketaan toukokuun alussa veteen ja nostetaan ylös elokuussa, niin tällä välillä pitää öljyt vaihtaa kerran. Mikäli muutetaan 5000 km käyntitunneiksi oletuksella, että auton keskinopeus on 70km/h, saadaan käyntituntiväliksi: $5000 \text{ km} / 70 \text{ km/h} = 71,4 \text{ h}$.

Tämä öljynvaihtoväli on auton iästä johtuen kuitenkin todettavissa olevan mineraaliöljyille. Öljytekniikka on sen verran vuosikymmenien varrella kehittynyt, että uskallamme turvallisesti vaihtaa öljynvaihtovälin kerran vuodessa tehtäväksi, ja keväällä ennen vesille laskua, jotta öljyn sekaan ei talven aikana kerry ylimääräistä kondenssikosteutta.

(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 1-6)

10.3 Öljynsuodatin

Öljynsuodattimelle on merkattu sama vaihtoväli kuin öljyllekin huolto-ohjelmaan, ja muutimme sen myös kerran kaudessa öljynvaihdon yhteydessä tehtäväksi.

(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 1-6)

10.4 Öljynjäähdytin

Öljynjäähdyttimemme ollessa itse tehty sille ei varsinaista huoltoväliä löydy, emmekä ala sille sellaista myöskään kehittämään. Muuta huoltoa tällaiselle lämmönvaihtimelle ei tarvitse tehdä kuin tarkkailla liitoksia vuotojen varalta ja mikäli öljyn lämpötila alkaa nousta, on syytä irrottaa lämmönvaihdin puhdistettavaksi.

10.5 Ilmansuodatin

Ilmansuodattimen kohdalla 2h:lle suositellaan vaihtoväliksi 12 kk tai 25 000 km. Koneessa kiinni olevan Saab-ilmansuodattimen suunniteltu vaihtoväli on kylläkin vielä pitempi, mutta pitäydymme kerran vuodessa vaihtovälissä varman toiminnan varmistamiseksi.

(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 1-6)

10.6 Polttoaineen suodatin

Polttoainesuodattimelle kehoitetaan vaihtoväliksi 12 kk.

(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 1-6)

10.7 Venttiilivälkykset

Venttiilivälkyksten tarkistus ja tarvittaessa säätö suositellaan alun perin tehtäväksi kerran vuodessa, mutta laajennamme sen kahteen vuoteen johtuen veneilykauden lyhydestä, ja täten vähäisistä käyntitunneista.

(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 1-6)

10.8 Jäähdytysnesteiden vaihto

Jäähdytysnesteelle suositellaan vaihtoväliksi 2 vuotta tai 50 000 km. Kilometrit unohdamme tässä yhteydessä kokonaan, mutta kahden vuoden vaihtoväli vaikuttaa ihan hyvältä.

(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 1-6)

10.9 Tankit

Tankit vesitetään muutaman kerran kaudessa. Alkuperäisissä tankeissa ei ollut minikäänlaista vesitystä, joten siitä ei ole saatavilla kunnollista vertailukohtaa kuinka usein ne olisi syytä vesittää, joten aluksi vesitys tehdään tarpeeksi usein ja myöhemmin harvennetaan väliä sopivan mittaiseksi sen mukaan miten paljon tankkeihin kertyy vettä.

10.10 Merivesisuodatin

Merivesikaivo(kuva 17) ja -suodatin ovat itse tehtyjä. Suodatin sisältää pelkästään pestävän metalliverkon. Aluksi seuraamme sen tukkeutumista useamman kerran veneilykauden aikana ja puhdistusväli määräytyy sen mukaan, miten paljon sinne kerääntyy moskaa. Suodattimen puhdistus on myös ensimmäisiä tarkastuskohteita, mikäli meriveden poistolämpötila alkaa nousta. Mikäli ongelmia ei ilmene, niin suodatin puhdistetaan veneen syyshuoltojen yhteydessä.



Kuva 17 Merivesikaivo (Kuvannut P. Vallinmäki)

10.11 Merivesipumppu

Merivesipumpun huoltokohteenä on pelkästään siipipyörän vaihto ja se tulee tehdä tarvittaessa. Tarvittaessa tarkoittaa, että siipipyörä on kulunut mikä yleensä selviää koneen jäähdytysveden lämpötilan noususta.

10.12 Lämmönvaihdin

Lämmönvaihtimen valmistaja sanoo, että sen päädyt tulee avata viiden vuoden välein ja pestä lämmönvaihdin.

10.13 Vetolaite

Vuosittain vaihdettava öljyt koko vetolaitteeseen.

11 VIANETSINTÄ

11.1 Kone

Kone ei starttaa

- Akkujen jännite matala tai kytkennät löysällä
- startti viallinen
- solenoidi viallinen
- johdotuksessa, kytkimessä tai releessä vikaa.

Kone pyörittää, mutta ei käynnisty

- ei saa polttoainetta
- vettä polttoaineessa

Startti pyörii pyörittämättä konetta

- Startin kytkentä jumittaa
- Hammasratas kulunut tai viallinen

Kone ei ota kierroksia

- Ilmaa polttoainejärjestelmässä
- Ruiskutus ajoitus pielessä

Tehon puute

- Sytytysajoitus
- likainen ilmansuodatin
- likainen polttoaineensuodatin

- alhainen puristussuhde
- ilmaa polttoainejärjestelmässä

Alhainen öljynpaine

- Kulunut öljypumppu
- tukkiintunut öljynsuodatin
- kone ylikuumentunut

Öljyn kulutus

- vuoto öljyntyhjennys propusta
- öljypohjantiiviste tai pultit
- stefat vuotaa
- löysällä oleva suodatin
- kuluneet männät ja sylinteriputket
- venttiilivarren tiivisteet kuluneet

Liian lämmin öljy

- Öljyn kierrätyspumppu (laturi) viallinen
- Öljynjäähdytin tukossa

Polttoaineenkulutus

- tukkiintunut ilmansuodatin
- polttoainelinja vuotaa
- ilmaa polttoaine järjestelmässä
- kuluneet laakerit vetolaitteessa

Ylikuumentuminen

- liian vähän jäähdytysnestettä
- tukkiintunut jäähdytin
- hajonnut merivesipumppu
- termostaatti viallinen
- kulunut makeavesipumppu

Liian alhainen käyntilämpötila

- viallinen termostaatti
(Kibler, Maddox, Haynes 2000, 0-20 – 0-22)

11.2 Vetolaite

Vetolaite tilaan tulee öljyä

- vuotava läpivientitiiviste
- löystyneet liitokset
- Katkennut O -rengas Bravon ja kääntöakselin välissä

Vetolaite tilaan tulee vettä

- Vuotava läpivientitiiviste

Aluksen ulkopuolelle tulee öljyä

- vuotava läpiviennin tiiviste
- vuoto vetolaitteen alakerrassa
- vuotava potkuriakselin stefi

12 KÄYNNISTYS/ PYSÄYTYS

12.1 Käynnistys

- Tarkista, että koneessa on öljyä
- Tarkista, että paisuntasäiliössä on vettä
- Tarkista, että vetolaitteessa on öljyä
- Avaa pohjakaivo
- Käännä päävirta kytkimet päälle(12&24V)
- Käännä virta-avaimesta virrat päälle

- Paina hehkunappi pohjaan ja pidä sitä pohjassa lämpötilasta riippuen 5-30 sekuntia
- vedä pakkosyöttövaijeri ylös
- starttaa kone starttinapista
- vapauta pakkosyöttö kun kone käy ilman.

12.2 Pysäytys

- ajon jälkeen anna koneen tasata lämpöjä pari minuuttia
- vedä pysäytin vaijerista kunnes kone täysin pysähtynyt
- käännä virta-avain off-asentoon
- sulje pohjaventtiili
- avaa 24V päävirtakytkin

13 KOEAJOT

13.1 Telakka koeajot

Aluksen ollessa vielä kuivilla testattiin vesiletkun ja painepesurin kanssa potkuriasennuksen pitävyyttä, pyöriteltiin vetolaitetta molempiin suuntiin ja koeajettiin kaikki koneet sen verran kuin mahdollista kuivalla maalla.

Ensimmäisessä vesitestissä laskettiin aluksen peräosaan vettä vesirajaan asti, tällöin tihkui muutamasta kohtaa rungon hitsauksia pisara minuutissa vauhdilla vettä, joten alus tyhjennettiin ja hitsattiin kyseiset kohdat. Seuraavassa testissä runko oli vesitiivis.

Vetolaitteeseen öljyä laskettaessa ne tulivat läpi Pentan akseli stefalta, seurauksena purettiin laakeripaketti ja todettiin sen olevan halki muutamasta kohtaa ja vaihdettiin

uuteen. Saumaa tiivistettiin vielä varalta hitsaamalla alumiinipuikoilla ja kemiallisella metallilla, pitävyys testattiin irrallaan, jonka jälkeen Penta asennettiin takaisin vetolaitteeseen ja laitettiin uudet öljyt. Tässä vaiheessa vetolaite jäi tihkumaan vielä öljyä kääntöakselin ja Bravon pukissa olevan öljyputken välissä olevien O- renkaiden raosta, joten päälle oli kehitettävä ylimääräinen tiiviste.

Moottoria koeajettiin ensimmäistä kertaa veneessä 1.5.2015. Tällöin sähköt vedettiin starttikaapeleilla, latureille ei ollut herätettä, jotta ne eivät vaurioitu tyhjäkäytöstä, polttoaine otettiin kanisterista ja ”merivesi” laskettiin kaivon aukinaisesta kannesta kaivoon puutarhaletkulla.

Paripäivää myöhemmin aluksen mittaristo oli rakennettu ja merivesikaivoon tehty liitäntä puutarhaletkulle erillisellä venttiilillä, jotta konetta voidaan ajaa kuivalla pitempään, sekä kaivo koe paineistaa. Kaivon kansi vuoti tässä vaiheessa ja se avattiin ja lähemmällä tarkastelulla huomattiin hitsauksien vedelleen siten, että kaivon runko hitsauksen vieressä oli jonkin verran kannen kiinnityskaulusta korkeammalla, joten tehtiin uusi tiiviste, 6mm paksusta kumimatosta, joka vastasi tätä hitsaussaumaa vasten ja kokeiltiin uudestaan. Kaivo kesti nyt vesijohtopaineen, joten se kesti meriveden hydrostaattisen paineen oikein hyvin, sillä kaivon kansi on vesirajan läheisyydessä.

Konetta käytettäessä 2.6 muutaman tunnin ajan putkeen moottorin hihnan kiristimeksi rakennettu ketjurulla ei kestänyt kierroksia eikä kuumuutta ja suli paikalleen katkaisten hihnan. Tehtiin uusi hihnankiristin kahdesta laakerista ja metalli rummusta isommalla säteellä jolloin kierrosnopeus alhaisempi ja hihnan ei tarvitse tehdä niin tiukkaa mutkaa. Uudella kiristimellä ja hihnalla koeajettiin konetta lisää ja tarkastettiin, että hihnassa ei ollut kulumaa.

13.2 Satamakoeajo

Satamakoeajon aikana testattiin siinä määrin kuin siinä mahdollista veneen vakavuutta, tarkistettiin että uusi potkuriasennus pitää vettä. Aluksen uintiasento sekä pitkitäis-, että poikittaissuunnassa todettiin hyväksi ja havaittiin, että syväys ei ollut mer-

kittävästi muuttunut entisestä. Vetolaitetta pyöriteltiin muutaman kerran edestakaisin ilman vetoa.

13.3 Merikoeajo

Merikoeajon aikana testattiin lisää aluksen vakavuutta, testattiin suorituskykyä ja manoveerattavuutta sekä seurattiin järjestelmien toimintaa ajossa. Venettä ei koeajettu täydellä kaasulla ollenkaan, koska konetta ei haluta vielä kuormittaa niin paljoa sisäänajon takia, mutta matkanopeus on selkeästi parantunut aikaisempaan verrattuna. Ohjattavuus todettiin merkittävästi parantuneeksi erityisesti hitailla nopeuksilla ja taaksepäin ajettaessa. Potkurin pyörimissuunta suuremmilla nopeuksilla aiheuttaa kohtuullisen suuren kääntävän voiman, joka pyrkii kääntämään potkurilaitetta oikealle. Tätä voimaa päätettiin kompensoida potkurilaitteeseen asennettavalla ”jarrulla” joka aiheuttaa vetolaitetta toiseen suuntaan vääntävän voiman.

14 YHTEENVETO

Projekti saatiin valmiiksi syksyn 2015 aikana. Kaikki koeajoissa havaitut viat ja ongelmat onnistuttiin yksi kerrallaan korjaamaan. Järjestelmillä on onnistunut koeajotakana ja vene voidaan tältä osin todeta valmiiksi. Aluksen ohjailtavuus ja suorituskyky parantuivat koneen ja vetotavan muutostöiden ansiosta reilusti, kuin myös kulkuasento muuttui hieman entistä peräpainoisemmaksi, joka oli toivottavaa.

Venettä kykenee ohjaamaan huomattavasti vanhaa järjestelmää paremmin, erityisesti hitaissa nopeuksissa ja taaksepäin ajettaessa.

Aluksen käyntiäänäni muuttui miellyttävämmäksi ja äänieristysten uusimisten myötä asuintiloissa oleminen ja keskusteleminen ajon aikana helpottuivat.

Projektin aikana tuli vastoinikäymisiä ja vaikeuksia suurimmaksi osaksi kohdissa, joissa niitä ei osannut odottaa, mutta kaiken kaikkiaan koen, että projekti sujui jopa odottamattoman hyvin. Suurin osa projektista oli tarkkaan etukäteen suunniteltua ja nämä asiat etenivät hyvin suunnitelmien mukaan ilman mitään odottamatonta.

Sen sijaan pienemmät yksityiskohdat, joita suunniteltiin sitä mukaan kun tehtiin, aiheuttivat välillä arviointivirheitä, jolloin sen kohdan kanssa joutui aloittamaan alusta.

Budjetissa pysyttiin hyvin siltä osin mitä sinne oli alun perin osattu arvioida tarvittavia materiaaleja, mutta ns. varastomateriaalin, joksi luettiin pultit, mutterit, letkut, letkukiristimet, sähköjohdot yms. tarve oli odottamattoman suuri.

Projekti vaati jonkun verran odottamaani enemmän työtunteja, mutta alkuperäiseen aikatauluun nähden projekti valmistui jopa etuajassa. Valmistumista vauhditti osaltaan vanhan akseliston hajoaminen, joka aiheutti paineita aloittaa muutostöiden tekemisen aikaisemmin, kuin olin alun perin suunnitellut.

LÄHTEET

Boatsafe WWW-sivut 2009. Viitattu 10.6.2015

<http://www.boatsafe.com/nauticalknowhow/cooling.htm>

Autowiki WWW-sivut 2011. Viitattu 6.4.2014.

http://www.autowiki.fi/index.php/Toyota_H_-moottori

Tnorrismarine WWW- sivut 2013 . Viitattu 1.5.2014

<http://www.tnorrismarine.co.uk/manecraft.php>

Hurth HBW boat reversing gear units manual

Savolainen P.O. 1974. Autoteknillinen käsikirja. Helsinki. Tammi

Bartlett T. 2005. The Adlard Coles book of Diesel engines. Lontoo. A&C Black Publishers LTD.

Carlton J. 2012. Marine Propellers and propulsion. Oxford. Elsevier

Seddon D. 2001. Diesel troubleshooter second edition. Länsi-Sussex. Fernhurst Books

Räisänen P. 2000. Laivatekniikka, Modernin laivarakennuksen käsikirja. Jyväskylä, Gummerrus kirjapaino OY

Outdrives WWW-sivut 2014. Viitattu 28.12.2014

<http://www.outdrives.com/engines/>

Fullthrottlemarine WWW-sivut 2007. Viitattu 28.12.2014

<http://www.fullthrottlemarine.com/496%20Mag%20Dyno%20Article.htm>

Wikipedia WWW- sivut 2014. Viitattu 28.12.2014

http://en.wikipedia.org/wiki/Chevrolet_small-block_engine

Björk, M RE: tiedustelu. Vastaanottaja: Pauli Vallinmäki

Lähetetty 15.9.2014 klo 13:06 Viitattu 15.9.2014

Piikkiön venevarustaja WWW- sivut 2015. Viitattu 11.1.2015

http://venevarustaja.fi/asiakas.woima.eu/index.php?option=com_wrapper&Itemid=7

Airila M, Ekman K, Hautala P, Kivioja S, Kleimola M, Martikka H, Miettinen J, Niemi E, Ranta A, Rinkinen J, Salonen P, Verho A, Vilenius M, Välimaa V. 1995 Koneenosien suunnittelu. Juva. WSOY

Silikoni letkut WWW-sivut 2015. Viitattu 29.1.2015

Z